

Neutron personal dosimeter, having a first dosimeter unit (I) consisting of a thermo-luminescent dosimeter element (21), sensitive to thermal and epithermal neutrons and  $\gamma$ -radiation, arranged between a stannous filter (11) and a cadmium filter (31); further having a second dosimeter unit consisting of a thermo-luminescent dosimeter element (22), sensitive to thermal and epithermal neutrons and  $\gamma$ -radiation, arranged between a cadmium filter (32) and a stannous filter (12); wherein the stannous filter (11) of the first dosimeter unit (I) and the stannous filter (12) of the second dosimeter unit (II) are each arranged on different sides of the dosimeter elements (21, 22); further having a third dosimeter unit (IV), consisting of a thermo-luminescent dosimeter element (44), sensitive to  $\gamma$ -radiation, arranged between stannous filters (13, 14); and further having a fourth dosimeter unit (III) parallel to the other dosimeter units (I, II, IV), having a dosimeter element (23), arranged between filters made of the same material; characterized in that the dosimeter element (23) of the fourth dosimeter element (III) is sensitive to thermal and epithermal neutrons as well as  $\gamma$ -radiation and is arranged between cadmium filters (33, 34).



DEUTSCHES  
PATENTAMT

②① Aktenzeichen: P 28 29 960.7-33  
②② Anmeldetag: 7. 7. 78  
④③ Offenlegungstag: 18. 1. 79  
④⑤ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 17. 4. 88

DE 2829960 C2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

③② Unionspriorität: ③② ③③ ③①  
07.07.77 JP U52-90200

⑦③ Patentinhaber:  
Doryokuro Kakunenryo Kaihatsu Jigyodan,  
Tokio/Tokyo, JP

⑦④ Vertreter:  
Zumstein sen., F., Dr.; Assmann, E., Dipl.-Chem.  
Dr.rer.nat.; Klingseisen, F., Dipl.-Ing.; Zumstein, F.,  
Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 8000 München

⑦⑦ Erfinder:  
Fukuda, Seiji, Mito, Ibaraki, JP; Saito, Setsuko;  
Takeda, Sinso; Noda, Kimio, Ibaraki, JP

⑤⑥ Im Prüfungsverfahren entgegengehaltene  
Druckschriften nach § 44 PatG:

DE-OS 27 55 995  
US 37 61 710  
US 37 25 859  
US 35 82 480

⑤④ Neutronen-Personendosimeter

DE 2829960 C2

FIG. 1

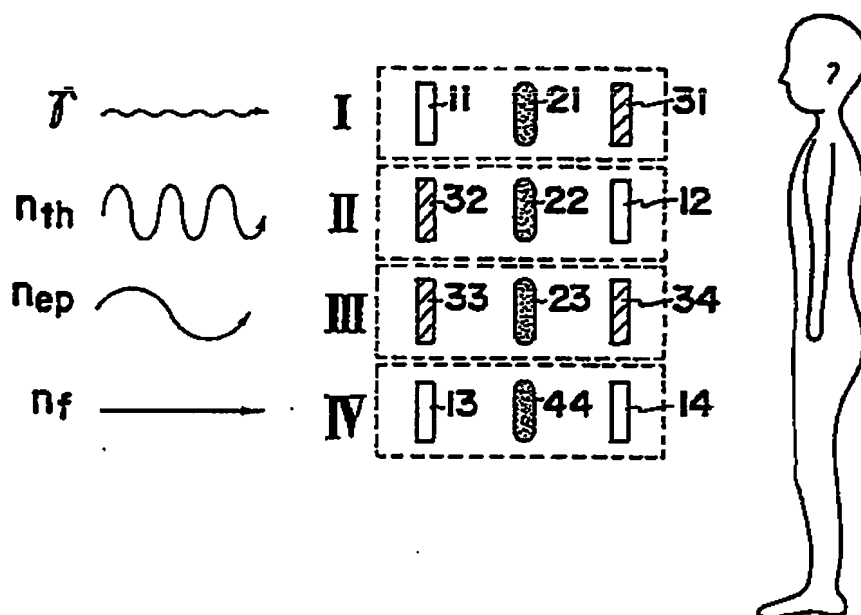
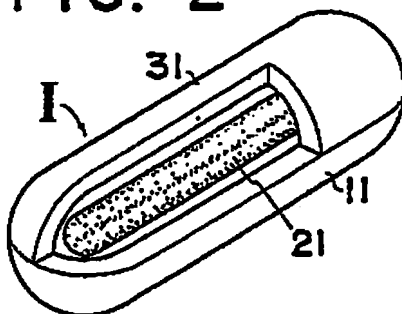


FIG. 2



## Patentanspruch:

Neutronen-Personendosimeter mit einer ersten Dosimereinheit (I) aus einem für thermische und epithermische Neutronen und  $\gamma$ -Strahlen empfindlichen thermolumineszenten Dosimerelement (21),  
 5 das zwischen einem Zinnfilter (11) und einem Kadmiumfilter (31) angeordnet ist, mit einer daneben vorgesehenen zweiten Dosimereinheit (II) aus einem für thermische und epithermische Neutronen und  $\gamma$ -Strahlen empfindlichen thermolumineszenten Dosimerelement (22), das zwischen einem Kadmiumfilter (32) und einem Zinnfilter (12) angeordnet ist, wobei sich das Zinnfilter (11) der ersten Dosimereinheit (I) und das Zinnfilter (12) der zweiten Dosimereinheit (II) jeweils auf verschiedenen Seiten der  
 10 zugeordneten Dosimerelemente (21, 22) befinden, mit einer daneben vorgesehenen dritten Dosimereinheit (IV) aus einem nur für  $\gamma$ -Strahlen empfindlichen thermolumineszenten Dosimerelement (44), das zwischen Zinnfiltern (13, 14) angeordnet ist, und mit einer neben den anderen Dosimereinheiten (I, II, IV) vorgesehenen vierten Dosimereinheit (III) aus einem Dosimerelement (23), das zwischen Filtern aus gleichem Metall angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Dosimerelement (23) der vierten Dosimereinheit (III) für thermische und epithermische Neutronen sowie für  $\gamma$ -Strahlen empfindlich und zwischen Kadmiumfiltern (33, 34) angeordnet ist.

20 Die Erfindung betrifft ein Neutronen-Personendosimeter der im Oberbegriff des Patentanspruchs angegebenen Art. Ein derartiges, aus der DE-OS 27 55 995 bekanntes Dosimeter liefert ausgezeichnete Ergebnisse und kann getrennt die Bestrahlungsdosen von thermischen Neutronenstrahlen und schnellen Neutronenstrahlen messen.

25 Aus der US-PS 37 61 710 ist ein weiteres Personendosimeter mit mehreren Dosimereinheiten bekannt, bei dem ein Bleifilter oder ein Kupferfilter vorgesehen ist, das dazu dient, weiche Gammastrahlen abzuschirmen sowie Betastrahlen zurückzuhalten. Dieses bekannte Dosimeter kann schnelle Neutronenstrahlen nicht messen, da nur ein Dosimerelement vorgesehen ist, das für thermische Neutronen und Gammastrahlen empfindlich ist.

30 Aus der US-PS 37 25 659 ist es weiterhin bekannt, bei einem Personendosimeter Zinn- und Cadmiumfilter zu verwenden, um eine Information über die Höhe und das Energiespektrum von Gammastrahlen zu erhalten, indem Filter mit verschiedener Stärke verwandt werden. Die dabei verwandten thermolumineszenten Dosimerelemente sind für Neutronenstrahlen unempfindlich, wobei die thermische Neutronenstrahlung über eine  $(n, \gamma)$ -Reaktion des Neutroneneinfangs gemessen wird. Dieses bekannte Dosimeter ist hauptsächlich zur Messung der Gammastrahlung bestimmt.

35 Aus der US-PS 35 62 480 ist ein Personendosimeter zum Messen von Neutronenstrahlen bekannt, bei dem die schnellen Neutronen und die epithermischen Neutronen mit einer Energie über der Cadmiumgrenzenergie zu thermischen Neutronen moderiert werden und die sich daraus ergebenden thermischen Neutronen mit dafür empfindlichen Detektoren gemessen werden. Bei einem derartigen Aufbau werden die Dosis der schnellen Neutronen und eine gewisse Energieinformation über die Neutronenstrahlen unter Ausnutzen der  
 40 verschiedenen Empfindlichkeiten von Dosimerelementen erhalten.

Da die einfallenden thermischen Neutronenstrahlen durch Cadmium blockiert werden und durch das Dosimeter nicht gemessen werden, kann die Dosis der thermischen Neutronen bei diesem bekannten Dosimeter nicht getrennt gemessen werden. Weiterhin werden sowohl die epithermischen als auch die schnellen Neutronenstrahlen gleichzeitig zu thermischen Neutronenstrahlen moderiert, so daß es unmöglich ist zu be-  
 45 stimmen, welche Neutronenstrahlen zu der gemessenen Neutronendosis beitragen, und somit eine separate Messung der Neutronen in den drei verschiedenen Energiebereichen nicht möglich ist.

Beim Messen der persönlichen Gesamtbestrahlungsdosis von Neutronenstrahlen unter Verwendung eines Neutronenstrahlendosimeters ist es jedoch wichtig, eine Energieinformation über die auftretenden Neutronenstrahlen zu erhalten. Bei den bekannten Neutronendosimetern ist es jedoch schwierig, eine Information  
 50 über die Energieverteilung der Neutronenstrahlen zu erhalten, da es unter anderem unmöglich ist, den Einfluß der epithermischen Neutronenstrahlen auf das Dosimerelement für die Ermittlung der Dosis der schnellen Neutronenstrahlen auszuschalten.

Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe besteht daher darin, ein Neutronen-Personendosimeter der im Oberbegriff des Patentanspruches angegebenen Art so weiterzubilden, daß es auch den Anteil der Dosis  
 55 der epithermischen Neutronen und deren Anteil in der Energieverteilung getrennt mißt.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung durch die Merkmale des Kennzeichnens des Patentanspruchs gelöst.

Da bei dem erfindungsgemäßen Personendosimeter das Dosimerelement der vierten Dosimereinheit für thermische und epithermische Neutronen sowie für Gammastrahlen empfindlich und zwischen Cadmiumfiltern angeordnet ist, erzeugen die schnellen Neutronen, die beim Auftreffen auf den menschlichen Körper, an dem das Personendosimeter getragen wird, abgebremst und somit in thermische und epithermische Neutronen umgewandelt werden, die gestreut werden und von der Rückseite wieder auf die Dosimereinheiten fallen, eine Thermolumineszenz am Dosimerelement der vierten Dosimereinheit nur aufgrund des  
 60 Anteils der epithermischen Neutronen, während andererseits das Dosimerelement der zweiten Dosimereinheit eine Thermolumineszenz aufgrund des Anteils der thermischen sowie der epithermischen Neutronen erzeugt, die durch das zugeordnete Zinnfilter hindurchgehen. In dieser Weise wird im Rückschluß über die Messung der vom menschlichen Körper reflektierten thermischen und epithermischen Neutronen der Anteil der auf den menschlichen Körper fallenden schnellen Neutronen gemessen.

Im folgenden wird anhand der zugehörigen Zeichnung ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert:

Fig. 1 zeigt das Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Dosimeters in einer schematischen Ansicht.

Fig. 2 zeigt eine teilweise geschnittene perspektivische Ansicht eines Beispiels der ersten Dosimereinheit.

Wie es in Fig. 1 dargestellt ist, besteht das Ausführungsbeispiel aus vier Dosimereinheiten, d. h. aus einer ersten bis vierten Dosimereinheit, die nebeneinander angeordnet sind. Die erste Dosimereinheit I besteht aus einem Zinnfilter 11, einem Dosimerelement 21, das sowohl für thermische Neutronen- als auch für Gammastrahlen empfindlich ist, und aus einem Kadmiumfilter 31, die in der angegebenen Reihenfolge angeordnet sind. Bei der zweiten Dosimereinheit II ist die relative Lage der Bestandteile der Anordnung bei der ersten Dosimereinheit I entgegengesetzt. D. h., daß das Kadmiumfilter 32, das Dosimerelement 22, das sowohl für thermische Neutronen- als auch für Gammastrahlen empfindlich ist, und das Zinnfilter 12 in dieser Reihenfolge angeordnet sind. Die dritte Dosimereinheit III besteht aus einem Dosimerelement 23, das sowohl für thermische Neutronen- als auch für Gammastrahlen empfindlich ist, sowie aus Kadmiumfiltern 33 und 34, die an der Vorderseite und der Rückseite des Dosimerelementes 23 angeordnet sind. Die vierte Dosimereinheit IV besteht aus einem Dosimerelement 44, das für Gammastrahlen empfindlich ist und aus Zinnfiltern 13 und 14, die an der Vorderseite und der Rückseite des Dosimerelementes 44 angeordnet sind.

Als thermolumineszente Dosimerelemente 21, 22, 23, die sowohl für thermische Neutronen- als auch für Gammastrahlen empfindlich sind, kann ein Gemisch aus  $\text{Li}^6\text{F}$ - und  $\text{CaSO}_4(\text{Im})$ -Pulvern verwendet werden. Wenn thermische Neutronenstrahlen auf diese thermolumineszenten Dosimerelemente 21, 22 und 23 fallen, wird aufgrund der  $\text{Li}^6(n, \alpha)\text{H}^3$  Reaktion des  $\text{Li}^6$  eine Thermolumineszenz erhalten, die proportional zur thermischen Neutronenfluenz ist. Der Wirkungsquerschnitt von  $\text{Li}^6$ , bezogen auf thermische Neutronen, ist sehr groß und beträgt etwa 1000 Barn, d. h.  $10^{-21} \text{ cm}^2$ . D. h., daß dieses Material für thermische Neutronenstrahlen hochempfindlich ist. Der Wirkungsquerschnitt von  $\text{Li}^6$  für schnelle Neutronen mit einer Energie von beispielsweise 1 MeV ist jedoch extrem niedrig und beträgt nur 0,3 Barn, d. h.  $0,3 \times 10^{-24} \text{ cm}^2$ . Die Dosimerelemente können daher als für schnelle Neutronen unempfindlich angesehen werden. Als Element 44, das für Gammastrahlen empfindlich ist, kann ein Pulvergemisch aus  $\text{Li}^7\text{F}$  und  $\text{CaSO}_4(\text{Im})$  verwendet werden. Dieses Element 44 wird zur Kompensation der Gammastrahlen zur Zeit der Messung der Neutronenstrahlen verwandt.

Fig. 2 zeigt eine teilweise geschnittene perspektivische Ansicht der ersten Dosimereinheit I gemäß der Erfindung. Die erste Dosimereinheit I umfaßt vertikal geteilte halbzyklindrische Filtersegmente aus Zinn 11 und Kadmium 31. Das Dosimerelement 21 ist in dem hohlzyklindrischen Körper eingeschlossen, der von den halbzyklindrischen Filtersegmenten 11 und 31 gebildet wird. Die anderen Dosimereinheiten II, III und IV haben denselben Aufbau. Dieser Aufbau ermöglicht es, den Einfluß von Streustrahlungen und von aus querverlaufenden Richtungen kommenden Strahlungen so klein wie möglich zu halten und dadurch die Meßgenauigkeit zu erhöhen.

Die oben beschriebenen vier Dosimereinheiten sind üblicherweise im Gehäuse einer Plakette enthalten, so daß sich ein Personenstrahlungsdosimeter für Neutronenstrahlen ergibt, das an die Brust einer der Strahlung ausgesetzten Arbeitsperson geheftet wird. Nach der Benutzung über eine bestimmte Zeitdauer werden die Dosimereinheiten aus der Plakette einzeln herausgenommen, um die Thermolumineszenz jedes Dosimerelementes zu messen und seine Strahlungsdosis zu berechnen.

Im folgenden wird die Arbeitsweise eines in dieser Weise aufgebauten Personenstrahlungsdosimeters für Neutronenstrahlen sowie die Art beschrieben, in der die Strahlungsdosen der verschiedenen Neutronenstrahlen berechnet werden. Wenn ein Strahlungsgemisch aus Gammastrahlen  $\gamma$ , thermischen Neutronenstrahlen  $n_{th}$ , epithermischen Neutronenstrahlen  $n_{ep}$  und schnellen Neutronenstrahlen  $n_s$  von vorne auf das Personenstrahlungsdosimeter fällt, zeigt jedes der Dosimerelemente 21, 22, 23, 44 eine jeweils andere Thermolumineszenz.

Wenn beispielsweise zuerst Gammastrahlen auf jede Dosimereinheit I, II, III und IV fallen, ergibt sich kein Unterschied in der Abschirmung der Gammastrahlen zwischen den Zinnfiltern 11, 13 und den Kadmiumfiltern 32 und 33. Unter der Annahme, daß die Stärke der Thermolumineszenz jedes Dosimerelementes 21, 22, 23, 44 aufgrund des Beitrags der Gammastrahlen jeweils  $L_1(\gamma)$ ,  $L_2(\gamma)$ ,  $L_3(\gamma)$ ,  $L_4(\gamma)$  ist, ergibt sich die folgende Beziehung

$$L_1(\gamma) = L_2(\gamma) = L_3(\gamma) = L_4(\gamma) \quad (1)$$

Unter der Annahme, daß danach thermische Neutronenstrahlen auffallen, ergibt sich am Dosimerelement 21 eine Thermolumineszenz mit einer Stärke, die von den durch das Zinnfilter 11 hindurchgehenden thermischen Neutronenstrahlen abhängt. Da das Dosimerelement 22 dabei von dem Kadmiumfilter 32 überdeckt ist, ist es im wesentlichen für die auffallenden Strahlen unempfindlich, wobei jedoch die thermischen Neutronenstrahlen, die vom menschlichen Körper oder ähnlichem reflektiert werden, durch das Zinnfilter 12 gehen und eine Thermolumineszenz hervorrufen. Da das Dosimerelement 23 sowohl an seiner Vorderseite als auch seiner Rückseite durch Kadmiumfilter 33 und 34 abgeschirmt ist, tritt keine Thermolumineszenz aufgrund der thermischen Neutronenstrahlen auf. Da das Dosimerelement 44 selbst für thermische Neutronenstrahlen unempfindlich ist, liefert es keine Thermolumineszenz.

Wenn weiterhin epithermische Neutronenstrahlen aufreffen, tritt am Dosimerelement 21 eine Thermolumineszenz auf, die von den durch das Zinnfilter 11 hindurchgehenden epithermischen Neutronenstrahlen abhängt, während am Dosimerelement 22 durch das Kadmiumfilter 32 hindurch und aufgrund der

epithermischen Neutronen, die vom menschlichen Körper oder ähnlichem reflektiert werden, durch das Zinnfilter 12 hindurch eine Thermolumineszenz auftritt. Obwohl am Dosimetelement 23 durch das Kadmiumfilter hindurch eine Thermolumineszenz auftritt, ist am Dosimetelement 44 keine Thermolumineszenz festzustellen, da das Element 44 selbst für epithermische Neutronenstrahlen unempfindlich ist.

5 Wenn schließlich schnelle Neutronenstrahlen auftreffen, dringen die schnellen Neutronen durch die Dosimetelemente 21, 22, 23 hindurch, ohne eine wesentliche Thermolumineszenz hervorzurufen, da der Wirkungsquerschnitt von  $\text{Li}^6$  dieser Elemente für schnelle Neutronenstrahlen klein ist, wie es im Vorhergehenden beschrieben wurde. Da die schnellen Neutronenstrahlen durch den menschlichen Körper oder ähnliches jedoch abgebremst und gestreut werden und in thermische Neutronenstrahlen und epithermische Neutronenstrahlen umgewandelt werden, fällt eine reflektierte Strahlungsmenge wiederum von der Rückseite auf die Elemente. Da in diesem Fall die Dosimetelemente 21, 23 durch die Kadmiumfilter 31 und 34 abgeschirmt sind, erzeugen sie eine Thermolumineszenz nur aufgrund des Anteils der epithermischen Neutronenstrahlen. Die am Dosimetelement 22 auftretende Thermolumineszenz beruht andererseits auf dem Anteil der thermischen Neutronenstrahlen sowie der epithermischen Neutronenstrahlen, die durch das Zinnfilter 12 hindurchgehen.

15 Da jedoch das Dosimetelement 44 auch für schnelle Neutronenstrahlen unempfindlich ist, tritt an diesem Element keine Thermolumineszenz auf.  
Es ist somit möglich, die Dosis jeder Neutronenstrahlung dadurch zu bestimmen, daß die Stärke der Thermolumineszenz des Kompensationselementes 44 für Gammastrahlen von der Stärke der Thermolumineszenz der Dosimetelemente 21, 22, 23 abgezogen wird. Die Gesamtstärke  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  und  $L_4$  der Thermolumineszenz der Dosimetelemente 21, 22, 23, 44 läßt sich die durch die folgenden Beziehungen ausdrücken:

$$L_1 = A_{11}D_{th} + A_{12}D_{ep} + A_{13}(E)D_f + K\phi\gamma \quad (2)$$

$$L_2 = A_{21}D_{th} + A_{22}D_{ep} + A_{23}(E)D_f + K\phi\gamma \quad (3)$$

$$L_3 = A_{32}D_{ep} + A_{33}(E)D_f + K\phi\gamma \quad (4)$$

$$L_4 = K\phi\gamma \quad (5)$$

30 wobei

$$A_{11}D_{th} = L(D_{th}) \quad (6)$$

$$A_{12}D_{ep} = L(D_{ep}) \quad (7)$$

$$A_{13}(E)D_f = L(D'_{f-ep}) \quad (8)$$

$$A_{21}D_{th} = L(D'_{th}) \quad (9)$$

$$A_{22}D_{ep} = L(D_{ep}) + L(D'_{ep-th}) \quad (10)$$

$$A_{23}(E)D_f = L(D'_{f-ep}) + L(D'_{f-th}) \quad (11)$$

$$A_{32}D_{ep} = L(D_{ep}) \quad (12)$$

$$A_{33}(E)D_f = L(D'_{f-ep}) \quad (13)$$

Aus den Gleichungen (7) und (12) und aus den Gleichungen (8) und (13) ergibt sich

$$A_{12} = A_{32} \quad (14)$$

$$A_{13}(E) = A_{33}(E) \quad (15)$$

wobei

55	$L_i$	Lichtemission des Elementes $i$ (mRad)
	$D_f$	schnelle Neutronendosis (mRem)
	$D_{ep}$	epithermische Neutronendosis (mRem)
	$D_{th}$	thermische Neutronendosis (mRem)
60	$\phi\gamma$	$\gamma$ Strahlungsdosis (mR)
	$K$	Empfindlichkeit jedes Elementes für Gammastrahlen (mRad y/mR)
	$A_{m1}$	Empfindlichkeit des Detektors $m$ für thermische Neutronenstrahlen (mRad y/mRem)
	$A_{m2}$	Empfindlichkeit des Detektors $m$ für epithermische Neutronenstrahlen (mRad y/mRem)
	$A_{m3}$	Empfindlichkeit des Detektors $m$ für schnelle Neutronenstrahlen (mRad y/mRem)
65	$D'_{f-ep}$	Äquivalentdosis aufgrund des Anteils epithermischer Neutronen aus der Reflexion und Abbremsung der schnellen Neutronenstrahlen durch den menschlichen Körper oder ähnliches
	$D'_{f-th}$	Äquivalentdosis aufgrund des Anteils thermischer Neutronen aus der Reflexion und Abbremsung der schnellen Neutronenstrahlen durch den menschlichen Körper oder ähnliches

- $D'_{ep-th}$  Äquivalentdosis aufgrund der thermischen Neutronenstrahlen aus der Reflexion und Abbremsung der epithermischen Neutronen durch den menschlichen Körper oder ähnliches  
 $D'_{th}$  Äquivalentdosis aufgrund der thermischen Neutronenstrahlen aus der Reflexion und Abbremsung der thermischen Neutronenstrahlen durch den menschlichen Körper oder ähnliches  
 $L(D_n)$  Lichtemission aufgrund des Anteiles jeder Neutronenstrahlenart  $D_n$  (mRad y). 5

Die Stärken  $Q_1$ ,  $Q_2$  und  $Q_3$  der Thermolumineszenz der Dosimetelemente 21, 22, 23 nach Abzug des Anteils aufgrund der Gammastrahlen und die Stärke der Thermolumineszenz  $Q_4$  aufgrund der thermischen Neutronenstrahlen ergeben sich aus den folgenden Gleichungen: 10

$$Q_1 = L_1 - L_4 = A_{11}D_{th} + A_{12}D_{ep} + A_{13}(E)D_f \quad (16)$$

$$Q_2 = L_2 - L_4 = A_{21}D_{th} + A_{22}D_{ep} + A_{23}(E)D_f \quad (17)$$

$$Q_3 = L_3 - L_4 = A_{32}D_{ep} + A_{33}(E)D_f = A_{12}D_{ep} + A_{13}(E)D_f \quad (18) \quad 15$$

$$Q_4 = L_1 - L_3 = Q_1 - Q_3 = A_{11}D_{th} \quad (19)$$

Aus Gleichung (19) ergibt sich die Strahlungsdosis  $D_{th}$  für thermische Neutronenstrahlen als 20

$$D_{th} = \frac{Q_4}{A_{11}}. \quad (20)$$

Aus Gleichung (16) ergibt sich die Äquivalentdosis  $D_f$  für schnelle Neutronenstrahlen als: 25

$$D_f = \frac{Q_1 - A_{11}D_{th} - A_{12}D_{ep}}{A_{13}(E)} = \frac{Q_3 - A_{12}D_{ep}}{A_{13}(E)}. \quad (21)$$

Aus Gleichung (17) ergibt sich: 30

$$D_f = \frac{Q_2 - A_{21}D_{th} - A_{22}D_{ep}}{A_{23}(E)} = \frac{Q_2 - \beta_{th}Q_4 - A_{22}D_{ep}}{A_{23}(E)}, \quad (22)$$

wobei 35

$$\beta_{th} = \frac{A_{21}}{A_{11}}.$$

Durch Gleichsetzen der Ausdrücke in Gleichung (21) und Gleichung (22) ergibt sich die Äquivalentdosis  $D_{ep}$  der thermischen Neutronenstrahlen als: 40

$$D_{ep} = \frac{A_{23}(E)Q_3 - A_{13}(E)Q_2 + \beta_{th}A_{13}(E)Q_4}{A_{12} \cdot A_{23}(E) - A_{13}(E) \cdot A_{22}} = \frac{A_{23}(E)Q_3 - A_{13}(E)Q_2 + \beta_{th}A_{13}(E)Q_4}{A_{21}(A_{23}(E) - \beta_{ep}A_{13}(E))}, \quad (23)$$

wobei 45

$$\beta_{ep} = \frac{A_{22}}{A_{12}}.$$

In diesem Fall geben  $\beta_{th}$  und  $\beta_{ep}$  jeweils die Albedoverhältnisse der thermischen Neutronenstrahlen und der epithermischen Neutronenstrahlen für den menschlichen Körper wieder. 50

Die Äquivalentdosis  $D_f$  für schnelle Neutronenstrahlen kann aus den Gleichungen (21) und (23) erhalten werden: 55

$$D_f = \frac{Q_3 - A_{12}D_{ep}}{A_{13}(E)} = \frac{Q_3 - \beta_{ep}Q_3 - \beta_{th}Q_4}{A_{23}(E) - \beta_{ep}A_{13}(E)}. \quad (24)$$

Aus den Gleichungen (20), (23) und (24) können schließlich die Dosen für thermische Neutronenstrahlen, epithermische Neutronenstrahlen und schnelle Neutronenstrahlen für den menschlichen Körper erhalten werden, indem die Empfindlichkeiten  $Am_1$ ,  $Am_2$ ,  $Am_3$  jedes Elementes für Neutronenstrahlen bestimmt werden. 60

Im folgenden wird dargestellt, wie die oben erwähnten Empfindlichkeiten  $Am_1$ ,  $Am_2$ ,  $Am_3$  bestimmt werden. Wenn das Personenstrahlungsdosimeter zunächst nur mit einer gegebenen Strahlungsdosis thermischer Neutronenstrahlen bestrahlt wird, lassen sich die Gesamtstärken der Thermolumineszenz  $L_1(D_{th})$ ,  $L_2(D_{th})$ ,  $L_3(D_{th})$  und  $L_4(D_{th})$  der Elemente 21, 22, 23 und 44 durch die folgenden Gleichungen ausdrücken: 65

$$L_1(D_{th}) = A_{11}D_{th}$$

$$L_2(D_{th}) = A_{21}D_{th}$$

$$L_3(D_{th}) = 0$$

$$L_4(D_{th}) = 0.$$

Somit ist

$$A_{11} = \frac{L_1(D_{th})}{D_{th}},$$

$$A_{21} = \frac{L_2(D_{th})}{D_{th}},$$

$$\beta_{th} = \frac{A_{21}}{A_{11}} = \frac{L_2(D_{th})}{L_1(D_{th})}.$$

Wenn anschließend die Bestrahlung unter Verwendung von epithermischen Neutronenstrahlen mit bekannter Dosis erfolgt, ergeben sich die Gesamtstärken der Thermolumineszenz der Dosimetelemente 21, 22, 23, 44 als:

$$L_1(D_{ep}) = A_{12} D_{ep}$$

$$L_2(D_{ep}) = A_{22} D_{ep}$$

$$L_3(D_{ep}) = A_{32} D_{ep}$$

$$L_4(D_{ep}) = 0.$$

Aus Gleichung (14) ergibt sich somit:

$$A_{12} = A_{32} = \frac{L_1(D_{ep})}{D_{ep}} = \frac{L_3(D_{ep})}{D_{ep}},$$

$$A_{22} = \frac{L_2(D_{ep})}{D_{ep}},$$

wobei vorausgesetzt wird, daß keiner der Werte  $A_{11}$ ,  $A_{21}$ ,  $A_{12}$ ,  $A_{22}$  und  $A_{32}$  von der Neutronenenergie abhängt.

Wenn weiterhin eine Bestrahlung nur durch schnelle Neutronenstrahlen mit bekannter Dosis erfolgt, ergeben sich die Gesamtstärken der Thermolumineszenz der Dosimetelemente als:

$$L_1(D_f) = A_{13}(E) D_f$$

$$L_2(D_f) = A_{23}(E) D_f$$

$$L_3(D_f) = A_{33}(E) D_f$$

$$L_4(D_f) = 0.$$

Aus Gleichung (15) ergibt sich dann:

$$A_{13}(E) = A_{33}(E) = \frac{L_1(D_f)}{D_f} = \frac{L_3(D_f)}{D_f},$$

$$A_{23}(E) = \frac{L_2(D_f)}{D_f},$$

wobei vorausgesetzt wird, daß  $A_{13}(E)$ ,  $A_{33}(E)$  und  $A_{23}(E)$  von der Energie der schnellen Neutronenstrahlen abhängen.

In dieser Weise ist es möglich, die Empfindlichkeit jedes Dosimetelementes für Neutronenstrahlen zu bestimmen. Unter Verwendung der in dieser Weise erhaltenen Empfindlichkeiten ist es auch möglich, die Dosen für thermische Neutronenstrahlen, epithermische Neutronenstrahlen und schnelle Neutronenstrahlen in der oben beschriebenen Weise zu ermitteln. Das erfindungsgemäße Personendosimeter für Neutronenstrahlen ermöglicht somit eine getrennte Erfassung der Strahlungsdosen für thermische Neutronenstrahlen, epithermische Neutronenstrahlen und schnelle Neutronenstrahlen.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen